

**БИОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА
BIOLOGY AND SYSTEMATIC**

**ОЦЕНКА МЕЖПАРНЫХ РАЗЛИЧИЙ ДУЭТОВ СТЕРХА
МЕТОДОМ ВИЗУАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

Е.В. БРАГИНА, И.Р. БЕМЕ

*Биологический факультет Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова,
д.1, стр. 12, Воробьевы горы, Москва, 119992, Россия. E-mail: janeb@yandex.ru*

Введение

Экологические исследования, проводимые в природных популяциях позвоночных животных, невозможны без индивидуального распознавания особей: на меченых особях изучают частные аспекты биологии вида, отслеживают выживаемость особей, динамику популяции и т.д. (например, Roemer et al., 2001; Bourgeois et al., 2008; Janicke et al., 2008). Для редких и исчезающих видов половая и индивидуальная идентификация особей особенно актуальна в связи с малыми размерами популяций (Terry et al., 2005).

Каждый метод мечения птиц обладает существенными недостатками. Например, кольцевание и мечение радиопередатчиками требуют отлова птицы. Однако отлов может иметь для птиц целый ряд отрицательных последствий, таких как травматизм, стресс, потеря территории и др. (Terry et al., 2005). К тому же, в случае журавлей, отлов – трудоемкая и дорогостоящая процедура, что приводит к малому количеству помеченных особей (Гермогенов, 2002). В силу этих причин возникает необходимость разработки таких методов индивидуальной идентификации, которые позволили бы вести учет с минимальным ущербом для птиц и минимальными материальными и трудовыми затратами для исследователей. Примером таких методов может служить метод акустического мониторинга, который заключается в идентификации животного по его звуковым сигналам. Применение этого метода не требует поимки птицы, позволяя записывать ее звук на расстоянии, варьирующим в зависимости от местообитания вида и громкости его криков, однако, предполагает наличие в репертуаре вида громких звуков, обладающих устойчивыми во времени индивидуальными особенностями.

Вокальные индивидуальные различия показаны для большого числа птиц и млекопитающих разных отрядов (Falls, 1982; Mitani et al., 1996; Charrier et al., 2003; Darden et al., 2003; Volodina et al., 2006). Более того, установлено, что и птицы, и млекопитающие способны узнавать друг друга по вокальным характеристикам (Stoddard, 1996; Charrier et al., 2001a,b; Reby et al., 2001). Узнавание друг друга членами семейной пары показано для многих видов пингвинов, например, императорского (*Aptenodytes forsteri*) (Aubin et al., 2000) и королевского (*A. patagonicus*) (Lengagne et al., 2001), трубконосых, например, обыкновенного буревестника (*Puffinus puffinus*) (Brooke, 1978, цит. по Falls, 1982), веслоногих, например, олуш (*Sula bassana*) (White, 1971, цит. по Falls, 1982), а также представителей других отрядов. Экспериментально установлено, что вокальное узнавание родитель – птенец также характерно для большого числа видов птиц разных отрядов. Это явление описано для многих видов пингвинов (королевского (Jouventin et al., 1999), пингвина Адели (*Pygoscelis adeliae*) (Jouventin, Aubin, 2002) и др.), различных видов журанкообразных (озерной чайки (*Larus ridibundus*) (Charrier et al., 2001b) и т.д.

Узнавание соседей по песне широко распространено у воробьинообразных (Stoddard, 1996), а также показано для неворобьиных птиц, например серой неясыти (*Strix aluco*) (Galeotti, Pavan, 1993) и воробьиного сычика (*Athene noctua*) (Hardouin et al., 2006). На самцах капюшонной вильсонии (*Wilsonia citrina*) установлено, что птицы помнят песни своих соседей не только в течение репродуктивного сезона, но и узнают их спустя 8 мес., после возвращения с зимовок (Godard, 1991). Таким образом, различные социальные связи между птицами, при которых необходима персонализация, а именно взаимоотношения супругов, родителей и птенцов, соседей поддерживаются за счет наличия индивидуальных признаков в звуках животных.

Существует несколько методов, с помощью которых анализируют индивидуальные признаки в акустических сигналах. Это дискриминантный анализ, метод кросс-корреляции, нейронные сети, визуальная классификация, кластерный анализ, полиномиальные модели, дисперсионный анализ, линейное предсказательное кодирование и скрытые модели Маркова.

Каждый метод обладает своими преимуществами и недостатками. Ниже приведены краткие сведения по некоторым часто используемым методам.

Дисперсионный анализ анализирует соотношение внутри- и межгрупповой изменчивости звуков. Таким образом, он позволяет ответить на вопрос, есть ли индивидуальные различия или нет, но не дает возможности оценить различия количественно (Гланц, 1999).

Дискриминантный анализ работает с группой параметров, измеряемых в каждом звуке. На их основе рассчитываются дискриминантные функции: группа = $a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_m * x_m$, где $x_1 \dots x_m$ – параметры, a – константа, $b_1 \dots b_m$ – коэффициенты регрессии. Чем больше коэффициент b , тем больший вклад вносит данный параметр в дискриминацию между группами. После этого на основе рассчитанных функций каждый звук относят к той или иной особи. Таким образом, значимое достоинство метода – оценка наиболее важных для дискриминации параметров. С другой стороны, недостатки метода заключаются в том, что число особей должно быть известно заранее. Ограничения накладывают и математические особенности метода: распределение каждого анализируемого параметра для каждой особи должно быть близко к нормальному (Altman, 1991; Terry et al., 2005).

Метод кросс-корреляции оценивает сходство между сонограммами путем расчета коэффициентов корреляции. Если значения коэффициентов корреляции между сонограммами звуков одной особи не перекрываются со значениями коэффициентов корреляции между сонограммами звуков разных особей, звуки каждой особи надежно отличаются от остальных животных. Этот метод чувствителен к уровню шума, с которым записан звук; кроме того, значения коэффициентов корреляции зависят от параметров построения сонограммы (Lessells et al., 1995; Terry et al., 2001).

Искусственные нейронные сети устроены по аналогии с работой нейронов мозга. При обучении сети предлагаются различные образцы звуков с указанием того, к какой особи они относятся. По окончании обучения сети можно предъявлять новые звуки, чтобы выяснить, какой особи они принадлежат. Важное преимущество метода заключается в том, что он позволяет определить, было ли тестируемое животное в обучающей выборке, или нет, т.е. при включении в выборку новой особи нейронная сеть не относит ее к какому-либо классу из уже существующих, а выделяет в новый класс (Reby et al., 1998; Terry, McGregor, 2002; Terry et al., 2005).

Визуальная классификация – это сравнение сонограмм добровольцами по принципу «похоже – не похоже». Сортировка может проходить по образцу, когда добровольцы снабжены сонограммами каждой особи, либо без образца, когда известно лишь число особей. Среди добровольцев могут быть никогда не имевшие с сонограммами дело люди либо опытные исследователи, выполнявшие самостоятельные биоакустические работы (Janik, 1999; Володин и др., 2004; Terry et al., 2001).

Индивидуальные признаки найдены в дуэтах по крайней мере трех видов журавлей. Для дуэтов восточного венценосного журавля (*Balearica regulorum gibbericeps*) точность правильного причисления дуэта к паре по данным дискриминантного анализа составила 100% для двух пар, живущих в неволе, и 95% для 5 пар в природе (Budde, 2001). Для 88 дуэтов японского журавля (*Grus japonensis*), записанных от 10 пар, вероятность правильного причисления дуэта к паре также по данным дискриминантного анализа составила 97.7%, что достоверно отличается от средней величины случайного причисления (Klenova et al., 2008). Б. Весслинг на основе анализа энергетических спектров показал, что дуэты серого журавля (*G. grus*) также индивидуальны, т.е. по ним можно отличить одну пару от других (Wessling, 2000).

Таким образом, в дуэтах стерха также можно предполагать наличие специфичных для пары признаков. Дуэт стерха – громкий звук, который можно записать на расстоянии нескольких сотен метров. Таким образом, ярко выраженные особенности дуэта стерхов позволили бы на расстоянии идентифицировать кричащую пару, избегая отлова, необходимого для кольцевания и мечения радиопередатчиками.

Целью настоящей работы была визуальная классификация сонограмм дуэтов стерхов (*Grus leucogeranus*) добровольцами, не имеющими опыта работы с сонограммами.

Материалы и методы

Запись дуэтов

Мы записывали девять брачных пар стерхов, живущих в Питомнике редких видов журавлей Окского биосферного государственного природного заповедника, расположенного в Рязанской области. Каждая пара в Питомнике содержится в вольере площадью 50–80 м². Птицы имеют возможность слышать друг друга, однако видимость ограничена перегородками между вольерами.

Записи проводили 19–23 января, 5–8 марта, 14–18 июня, 25–28 октября 2006 г. Звуки записывали на профессиональный кассетный магнитофон Marantz PMD 222 с помощью конденсаторного микрофона Sennheiser МКН 67 с предусилителем К6. Суммарная полоса пропускания системы составила 40–20000 кГц. Записи делали вне помещения, расстояние до птиц варьировало от 2 до 30 м.

От каждой из 9 пар стерхов записали по 10 дуэтов. Таким образом, всего было проанализировано 90 дуэтов.

Подготовка сонограмм

Оцифровку звуков проводили с помощью программы Avisoft-SASLab Pro, v. 4.38 (© R. Sprech). Звуки были оцифрованы с частотой дискретизации 22 кГц и разрядностью 16 бит. Для построения спектрограмм использовали следующие параметры: частота дискретизации 8 кГц, окно Хэмминга, длина быстрого преобразования Фурье (FFT-length) 512 точек, перекрытие по частотной оси (frame) 50%, перекрытие по временной оси (overlap) 93.75%. При этом частотное разрешение составляло 16 Гц, временное – 4 мс. Каждому дуэту соответствовала одна сонограмма. Для ее построения мы брали временной отрезок длиной 4 секунды, причем подбирали его так, чтобы начало отрезка соответствовало началу крика самца. Дуэт стерха представляет собой чередование гармонических криков самца и самки, т.е. в дуэте можно условно выделить слоги, каждый из которых состоит из одного крика самца и одного крика самки. Длительность слога составляет в среднем 488 ± 58 мс, т.е. около половины секунды (Брагина, Беме, 2007). Таким образом, на 4 секунды дуэта приходилось 7–9 слогов (рис. 1).

Процедура визуальной классификации

Сонограммы были напечатаны на лазерном принтере, каждая сонограмма – на отдельной

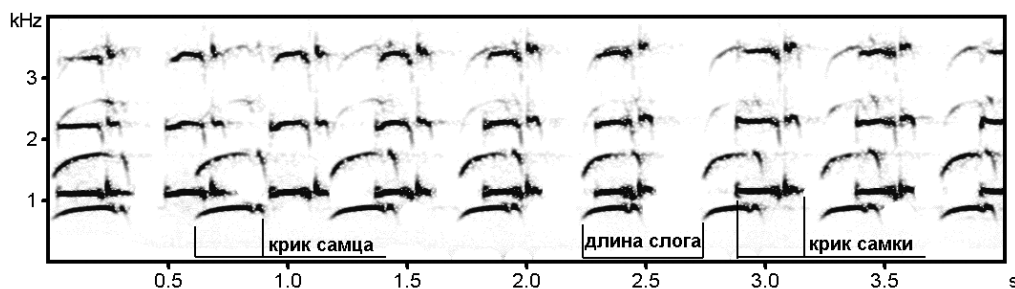


Рис. 1. Пример сонограммы дуэта стерха, предложенной добровольцам для классификации
Fig. 1. Example of duet sonogram, which was given to volunteers for classification

карточке. С использованием пакета Statistica 5.0 мы подвергли процедуре рандомизации ряд цифр от 1 до 90, т.е. перемешали их, после чего присвоили сонограммам полученные случайные номера. В исследовании участвовало 9 добровольцев. Никто из добровольцев не выполнял ранее акустические исследования и не работал с сонограммами. Для добровольцев была подготовлена письменная инструкция. В инструкции было указано, что сонограмма – это зависимость частоты звука от времени. Также инструкция содержала краткую информацию о структуре дуэта стерха: отмечено, что дуэт стерха – гармонический звук, который состоит из чередующихся криков партнеров, причем частотные параметры самки выше таковых параметров самцов (Брагина, Беме, 2007). Мы указали на те признаки, которые не имеют значения при классификации дуэтов, т.к. зависят от условий записи: эхо, степень деградации дуэта, интенсивность звука, распределение энергии по гармоникам.

Перед добровольцами была поставлена задача разделить 90 сонограмм на 9 групп по 10 сонограмм в каждой, т.е. добровольцы знали о том, что от каждой пары взяли по 10 сонограмм.

Таблица 1. Доля правильно причисленных дуэтов в процентах (поскольку от каждой пары брали 10 дуэтов, число правильно причисленных дуэтов равняется процентной величине, деленной на 10)

Table 1. Part of correct assignment of duets (we took 10 duets per pair, so number of duets equals percent value divided by 10)

Номер пары/ Pair number	Номер добровольца/ Volunteer number									Среднее число правильно причисл. дуэтов/ Average number of correct assignment of duets	Средний % правильно причисл. дуэтов/ Average percent of correct assignment of duets
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	90	100	30	40	90	100	100	90	100	8.2	82.2
2	60	40	80	70	60	70	80	90	90	7.1	71.1
3	60	60	80	90	90	60	80	100	90	7.9	78.9
4	70	100	100	100	100	100	100	100	100	9.7	96.7
6	50	70	40	70	80	60	80	100	90	7.1	71.1
7	90	100	100	100	90	100	100	100	100	9.8	97.8
9	30	50	90	50	80	100	90	90	100	7.6	75.6
10	60	40	50	40	60	90	100	90	90	6.9	68.9
11	70	80	70	90	90	60	100	100	100	8.4	84.4
Среднее/ Mean	64	71	71	72	82	82	92	96	96	8.1	80.7

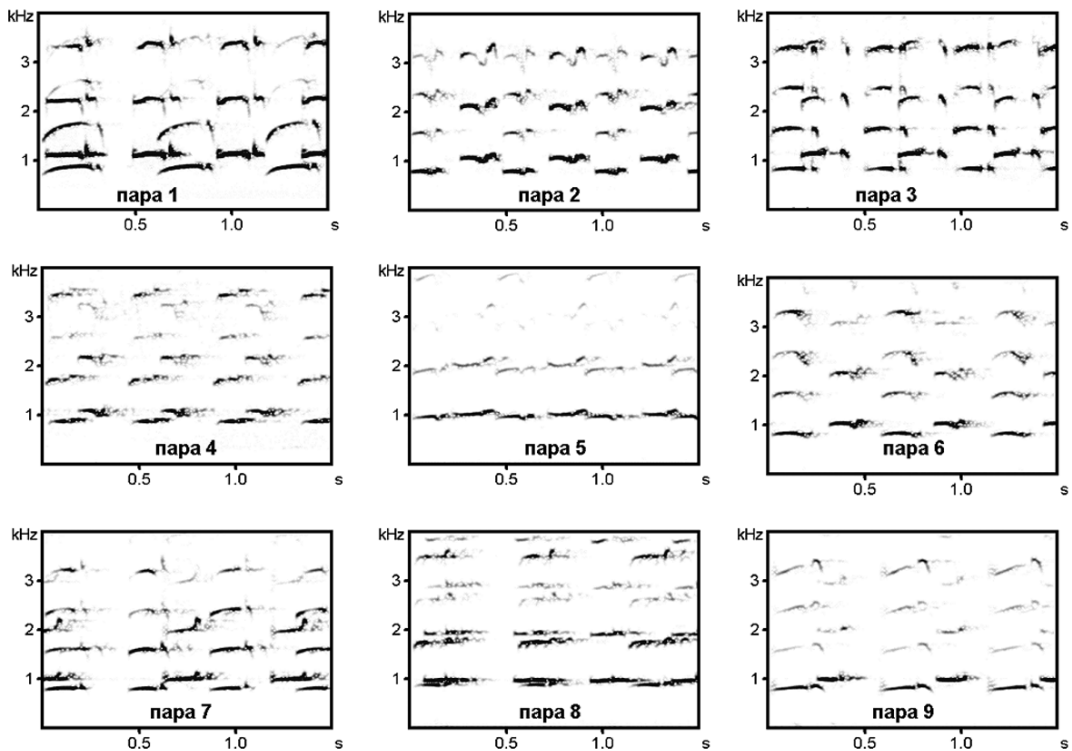


Рис. 2. Сонограммы дуэтов каждой из девяти пар стерхов, звуки которых были включены в ручную разборку

Fig. 2. Sonograms of each of nine Siberian Crane pairs

Результаты

Результаты ручной визуальной классификации представлены в табл. 1. Доля правильно причисленных дуэтов варьировала у разных добровольцев от 64 до 96%, составляя в среднем 81%. Дуэты разных пар были классифицированы с разной точностью, наименьшее число правильно причисленных дуэтов было у пары 10 (68.9%). Такая величина правильного причисления значительно выше случайной, которая для 9 групп составляет 11.1%.

Для иллюстрации выраженности различий дуэтов разных пар приведены сонограммы дуэтов каждой пары (рис. 2).

Обсуждение

Наши данные свидетельствуют о том, что дуэты стерхов обладают значительными межпарными различиями. Процент правильного причисления дуэта к паре был в несколько раз выше случайной для каждой из девяти пар журавлей. Таким образом, по сонограмме дуэтного крика принадлежность дуэта к той или иной паре можно определить с высокой степенью точности. Некоторую часть неправильно причисленных дуэтов следует, очевидно, отнести на счет недостаточно высокого качества сонограмм. Вольеры, где содержат журавлей, разделены между собой деревянными перегородками и синтетической пленкой, поэтому запись крика птицы, клюв которой направлен в сторону перегородки, искажает эхо. Кроме того, существуют еще несколько источников постороннего шума, например ветер, которые снижают качество записываемых звуков. С другой стороны, расстояние от микрофона до птицы в Питомнике намного меньше, чем при записи журавлей в природе, что позволяет записать менее деградированный звук.

Мы сознательно выбирали в качестве добровольцев неспециалистов, то есть людей, которые не имели опыта работы со звуками животных. Поставленная задача имеет прикладное значение, и надо учитывать, что акустическим методом идентификации стерхов в природе могут пользоваться зоологи, не работающие со звуками животных. Кроме того, ручная разборка звуков веерохвостой цистиколы (*Cisticola juncidis*) и большой выпи (*Botaurus stellaris*) тремя группами добровольцев, среди которых были имевшие опыт биоакустических исследований, неопытные, но прошедшие тренировку и совершенно неопытные добровольцы, показала, что статистической разницы в точности классификации сонограмм между этими тремя группами не было, т.е. три группы добровольцев разделяли звуки на группы с одинаковой точностью (Terry et al., 2001).

Мы не предоставляли добровольцам образцов для классификации. В то же время, одна из прикладных задач идентификации журавлей – ответ на вопрос о том, поменялись ли владельцы данной территории в новом репродуктивном сезоне или нет. В этом случае исследователь может располагать записями звуков за предыдущий год, с которыми он должен сравнить записанные в этом сезоне звуки, то есть у него есть образец, с которым надо провести сравнение. В дальнейшем мы планируем сравнить результаты данного исследования и результаты классификации по образцу.

Доля правильно классифицированных визуальным методом звуков существенно различается у разных видов. Например, уже упомянутое исследование, где добровольцы классифицировали звуки веерохвостой цистиколы и большой выпи, показало, что точность ручной разборки несколько меньше, чем точность дискриминантного анализа (Terry et al., 2001). При анализе криков белолобых свистящих уток (*Dendrocygna viduata*) уровень правильной классификации звуков добровольцами, каждый из которых до этого проводил самостоятельные биоакустические исследования, был намного ниже результатов дискриминантного анализа (74.3% и 97.9% соответственно), причем между добровольцами был огромный разброс в точности классификации, а для одной птицы из семи процент правильно определенных криков не превышал случайный (Володин и др., 2004). В то же время, ручная разборка свистов афалин (*Tursiops truncatus*) показала, что этот метод дает более высокие результаты, чем три разных способа компьютерного анализа, в том числе кросс-корреляция, поскольку люди способны оценить сходство контуров основной частоты несмотря на сдвиги по частотной оси и растяжение-сжатие по временной оси (Janik, 1999).

Таким образом, в дальнейшем индивидуальные особенности дуэтов стерха необходимо проанализировать с помощью компьютерных методов анализа и сравнить результаты с данными визуальной классификации.

Ярко выраженные межпарные различия дуэтов могут обеспечивать брачной паре ряд преимуществ. Дуэт – громкий крик, который слышен на расстоянии нескольких сотен метров. Будучи уникальным для каждой пары, дуэт может служить способом индивидуальной маркировки территории, то есть оповещать соседей о присутствии на участке данной брачной пары. Показано, что индивидуальное узнавание соседей у птиц позволяет поддерживать однажды установленные границы участков, предотвращая территориальные конфликты (Falls, 1982; Stoddard, 1996; Hall, 2004).

Необходимо отметить, что для дуэтов серого и японского журавлей характерны не только ярко выраженные межпарные различия, но и устойчивость различий во времени (Wessling, 2000; Кленова, 2008). Подобные результаты предоставляют потенциал для многолетнего мониторинга пар в природе. В связи с этим крайне интересно исследовать временную устойчивость межпарных различий дуэтов стерха.

В то же время, работы, посвященные японскому и серому журавлю, носят описательный характер. Авторы демонстрируют присутствие различий, однако экспериментальное доказа-

тельство восприятия журавлями подобных различий отсутствует. На австралийских граллинах с помощью проигрываний показано, что птицы действительно отличают дуэты соседских пар от дуэтов незнакомых пар и по-разному реагируют на них (Hall, 2000). Такие же результаты получены при изучении дуэтов полосчатого кактусового крапивника (*Campylorhynchus nuchalis*) (Wiley, Wiley 1977, цит. по Hall, 2000). К сожалению, проведение экспериментальных исследований и проигрываний с журавлями осложняется целым рядом объективных трудностей.

Метод удаленного акустического мониторинга уже применяют на некоторых видах птиц, подсчет которых затруднен из-за густой растительности, активности животных в ночное время и других факторов. С помощью звуков отслеживают популяции коростеля (*Crex crex*) (Peake, McGregor, 2001; Terry, McGregor, 2002), большой выпи (Gilbert et al., 2002), американской лесной совы (*Strix woodfordii*) (Delpont et al., 2002), сплюшки (*Otus scops*) (Galeotti, Sacchi, 2001) и ряда других видов.

Наши результаты показали, что ярко выраженные особенности дуэта каждой пары стерхов позволяют различать пары между собой. Тем не менее, для проведения биоакустического мониторинга стерха в природе необходимо, чтобы межпарные различия были устойчивы во времени. Таким образом, тема следующих исследований – изучение стабильности межпарных различий в дуэтах стерхов.

Благодарности

Мы очень признательны А.В. Укладовой, М.Ю. Трофименко, М.М. Родкину, Н.В. Пороховой, В. Плешкану, А.Е. Маркачеву, Т.В. Буцыгиной, В.А. Брагину, Ю.Д. Брагиной, которые проводили визуальную классификацию сонограмм.

Литература

- Брагина Е.В., Беме И.Р. 2007. Половые и индивидуальные различия в вокальном репертуаре взрослых стерхов (*Grus leucogeranus*, Gruidae). – Зоол. журн., 86 (12): 1468-1481.
- Володин И.А., Володина Е.В., Кленова А.В. 2004. Сравнение методов визуальной классификации и дискриминантного анализа в применении к крикам белолицых свистящих уток (*Dendrocygna viduata*). – Казарка. Бюллетень Рабочей группы по гусеобразным Северной Евразии, 10: 107-118.
- Гермогенов Н.И. 2002. Современное состояние изученности и охраны журавлей в Якутии. – Журавли Евразии (распределение, численность, биология). В.В. Морозов, Е.И. Ильяшенко (ред.). М.: 106-114.
- Гланц С. 1999. Медико-биологическая статистика. М.: 7-80.
- Кленова А.В. 2008. Вокальные индикаторы индивидуальности и пола у птиц без внешнего полового диморфизма. – Автореф. дисс... канд. биол. наук. М., 24 с.
- Altman D.G. 1991. Practical Statistics for Medical Research. London: 358-360.
- Aubin T., Jouventin P., Hildebrand C. 2000. Penguins use the two-voice system to recognize each other. – Proc. R. Soc. London, 267: 1081-1087.
- Bourgeois K., Cure C., Legrand J., Gomez-Diaz E., Vidal E., Aubin T., Mathevon N. 2007. Morphological versus acoustic analysis: what is the most efficient method for sexing Yelkouan Shearwaters Puffinus yelkouan. – J. Ornith., 148: 261-269.
- Budde C. 2001. Individual features in the calls of the Grey Crowned Crane, *Balearica regulorum gibbericeps*. – Ostrich, 72 (3&4): 134-139.
- Charrier I., Jouventin P., Mathevon N., Aubin T. 2001a. Individual identity coding depends on call type in the South Polar skua *Catharacta maccormicki*. – Polar Biology, 24: 378-382.
- Charrier I., Mathevon N., Jouventin P., Aubin T. 2001b. Acoustic communication in a Black-headed Gull colony: how do chicks identify their parents? – Ethology, 107: 961-974.
- Charrier I., Mathevon N., Jouventin P. 2003. Fur seal mothers memorize subsequent versions of developing pup's calls: adaptation to long-term recognition or evolutionary by-product? – Biology Journal of Linnean Society, 80: 305-312.

- Darden S.K., Dabelsteen T., Pedersen S. B. 2003. A potential tool for swift fox (*Vulpes velox*) conservation: individuality of long-range barking sequences. – *Journal of Mammalogy*, 84 (4): 1417–1427.
- Delport W., Kemp A.C., Ferguson J.W.H. 2002. Vocal identification of individual African Wood Owls *Strix woodfordii*: a technique to monitor long-term adult turnover and residency. – *Ibis*, 144: 30-39.
- Falls J.B. 1982. Individual recognition by sounds in birds. – *Acoustic Communication in Birds*. Kroodsma D.H., Miller E.H. (eds). 2: 237-278.
- Galeotti P., Pavan G. 1993. Differential responses of territorial tawny owls *Strix aluco* to the hooting of neighbours and strangers. – *Ibis*, 135: 300-304.
- Galeotti P., Sacchi, R. 2001. Turnover of territorial Scops Owls (*Otus scops*) as estimated by spectrographic analyses of male hoots. – *Journal of Avian Biology*, 32: 256-262.
- Gilbert G., Tyler G.A., Smith K.W. 2002. Local annual survival of booming male Great Bittern *Botaurus stellaris* in Britain, in the period 1990–1999. – *Ibis*, 144: 51-61.
- Godard R. 1991. Long term memory of individual neighbours in a migratory songbird. – *Nature*, 350: 228-229.
- Hall M.L. 2000. The function of duetting in magpie-larks: conflict, cooperation, or commitment? – *Anim. Behav.*, 60: 667-677.
- Hall M.L. 2004. A review of hypotheses for the functions of avian duetting. – *Behavior Ecology and Sociobiology*, 55: 415-430.
- Hardouin L.A., Tabel P., Bretagnolle V. 2006. Neighbor–stranger discrimination in the little owl, *Athene noctua*. – *Anim. Behav.*, 72: 105-112.
- Janicke T., Hahn S., Ritz M.S., Peter H. 2008. Vocal performance reflects individual quality in a nonpasserine. – *Anim. Behav.*, 75: 91-98.
- Janik V.M. 1999. Pitfalls in the categorization of behaviour: a comparison of dolphin whistle classification methods. – *Anim. Behav.*, 57: 133-143.
- Jouventin P., Aubin T. 2002. Acoustic systems are adapted to breeding ecologies: individual recognition in nesting penguins. – *Anim. Behav.*, 64: 747-757.
- Jouventin P., Aubin T., Lengagne T. 1999. Finding a parent in a King Penguin colony: the acoustic system of individual recognition. – *Anim. Behav.*, 57: 1175-1183.
- Klenova A.V., Volodin I.A., Volodina E.V. 2008. Duet structure provides information about pair identity in the Red-crowned Crane (*Grus japonensis*). – *Journal of Ethology*, 26: 317-325. DOI 10.1007/s10164-007-0063-y.
- Lengagne T., Lauga J., Aubin T. 2001. Intra-syllabic acoustic signatures used by the King Penguin in parent–chick recognition: an experimental approach. – *Journal of Experimental Biology*, 204: 663-672.
- Lessells C.M., Rowe C.L., McGregor P.K. 1995. Individual and sex differences in the provisioning calls of European bee-eaters. – *Anim. Behav.*, 49: 244-247.
- Mitani J.C., Gros-Louis J., Macedonia J.M. 1996. Selection for acoustic individuality within the vocal repertoire of wild chimpanzees. – *International Journal of Primatology*, 17 (4): 569-583.
- Peake T.M., McGregor P.K. 2001. Corncrake *Crex crex* census estimates: a conservation application of vocal individuality. – *Animal Biodiversity and Conservation*, 24 (1): 81-90.
- Reby D., Hewison M., Izquierdo M., Pepin D. 2001. Red Deer (*Cervus elaphus*) hinds discriminate between the roars of their current harem-holder stag and those of neighboring stags. – *Ethology*, 107: 951-959.
- Reby D., Joachim J., Lauga J., Lek S., Aulagnier S. 1998. Individuality in the groans of Fallow Deer (*Dama dama*) bucks. – *Journal of Zoology*, 245: 79-84.
- Roemer G.W., Smith D.A., Garcelon D.K., Wayne R.K. 2001. The behavioral ecology of the Island Fox (*Urocyon littoralis*). – *J. Zool.*, 255. London: 1-14.
- Stoddard P. K. 1996. Vocal recognition of neighbors by territorial passerines. – *Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds*. Kroodsma D. E., Miller E. H. (eds). Ithaca, NY: 356-374.
- Terry A.M.R., McGregor P.K. 2002. Census and monitoring based on individually identifiable vocalizations: the role of neural networks. – *Animal Conservation*, 5: 103-111.
- Terry A.M.R., McGregor P.K., Peake T.M. 2001. A comparison of some techniques used to assess vocal individuality. – *Bioacoustics*, 11: 169-188.
- Terry A.M.R., Peake T.M., McGregor P.K. 2005. The role of vocal individuality in conservation. – *Frontiers in*

Zoology, 2 (10), doi:10.1186/1742-9994-2-10.

Volodina E.V., Volodin I.A., Isaeva I.V., Unck C. 2006. Biphonation May Function to Enhance Individual Recognition in the Dhole, *Cuon alpinus*. – Ethology, 112: 815-825.

Wessling B. 2000. Individual recognition of cranes, monitoring and vocal communication analysis by sonography. Proceedings of the 4th European Crane Workshop 2000. Salvi A. (ed). Fenetrance, France: 134-149.

ESTIMATION OF INTERPAIR PECULIARITIES OF SIBERIAN CRANE'S DUETS THROUGH VISUAL IDENTIFICATION

E.V. BRAGINA, I.R. BEME

*Faculty of Biology, Lomonosov's Moscow State University
1, 112, Vorobievsky Gory, Moscow, 119992, Russia. E-mail: janeb@yandex.ru*

Summary

The goal of this study was to identify differences in unison calls produced by different pairs. Calls of 9 pairs of Siberian Cranes from the Oka Crane Breeding Center were recorded. 10 Unison calls from each pair were selected for research, thus a total of 90 calls were analyzed. A 4-second fragment was randomly selected from each call and a sonogram was produced. We asked 9 volunteers without previous experience in bioacoustics studies to examine 90 sonograms and to sort them into 9 groups, each group corresponding to one pair. The accuracy rate of the identification varied between 68.9% and 97.8%, averaging 80.7% – which is much higher than random value. Consequently, the method of visual identification proved significant differences in unison calls of different pairs of the Siberian Crane. Further research must involve computerized analyses, followed by the comparison of the results of the manual analysis (this study) and computer analysis.

Key words: call, individual characteristics, Siberian Crane, duet, bioacoustics, individual identification